

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 196 30 173 A 1

⑯ Int. Cl. 6:

H 05 K 7/14  
H 01 L 23/34

DE 196 30 173 A 1

⑯ Aktenzeichen: 196 30 173.4  
⑯ Anmeldetag: 26. 7. 96  
⑯ Offenlegungstag: 29. 1. 98

⑯ Anmelder:

Semikron Elektronik GmbH, 90431 Nürnberg, DE

⑯ Erfinder:

Blösch, Christoph, 90765 Fürth, DE; Steger, Jürgen,  
91355 Hiltpoltstein, DE; Göbl, Christian, 90441  
Nürnberg, DE

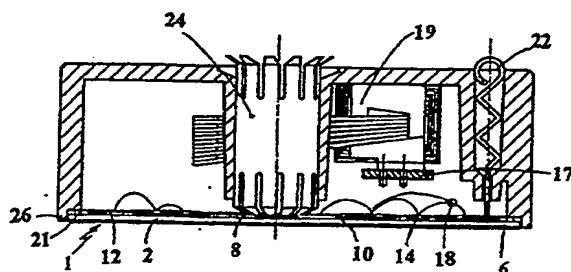
⑯ Entgegenhaltungen:

DE 43 10 446 C1  
DE 28 49 418 C2  
DE 1 95 31 498 A1  
DE 44 43 498 A1  
DE 41 37 200 A1  
DE 36 30 830 A1  
DE 35 08 456 A1  
DE 91 13 498 U1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Leistungsmodul mit Halbleiterbauelementen

⑯ Es wird ein Leistungsmodul, bestehend aus Halbleiterbauelementen und passiven elektronischen Bauteilen, beschrieben, das bei Druckkontaktierung aller Last- und Steueranschlüsse mit einer kundenspezifischen Leiterplatte oder ihr ähnlichen äußereren Verbindungs elementen eine einfache Montage und zerstörungsfreie Demontage auf einer Kühlleinrichtung mittels Verschraubung ermöglicht. Hierzu wird das Gehäuse (20) des Moduls mit Druckkontaktfedern (22, 24), die ein günstiges Relaxationsverhalten ausweisen, für alle elektrischen Anschlüsse und zur gleichmäßigen Druckverteilung versehen. Zu Prüzfzwecken und im Einsatz werden die Module zwischen einem Druckstück (30) und einem Kühlkörper durch Verspannen mit mindestens einem Befestigungselement (40) funktionsfähig gestaltet.



DE 196 30 173 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11.97 702 065/448

8/23

## Beschreibung

Die Erfindung beschreibt ein Leistungsmodul mit Halbleiterbauelementen, insbesondere ein Stromumrichtermodul nach dem Oberbegriff des Anspruches 1, das für direkte Druckkontaktverbindungen aller Leistungs- und Ansteueranschlüsse mit der äußeren Verschaltung und Kontaktierung geeignet ist. Direkte Druckkontaktverbinder sind aus der Technologie der Herstellung von Halbleitermodulen als Verbindungs-technik hinlänglich bekannt. Leistungsanschlüsse für sehr große Ströme und Stromdichten werden nach dem Stand der Technik als Schraub- oder Druckkontakte stoffbündig oder durch Löten bzw. Schweißen stoffschlüssig ausgeführt. Die Integration von passiven Bau-elementen, wie sie für die Komplettierung der elektronischen Schaltung gleichfalls erforderlich sind, ist wegen deren stark temperaturabhängigen Verhaltens nach dem Stand der Technik bisher kaum praktikabel.

Die Kontaktsicherheit von Leistungsmodulen ist bei Dauer- oder Wechselbelastung von entscheidender Bedeutung für die Funktionssicherheit der Schaltungs-anordnung. Die äußeren Anschlüsse müssen bei wech-selnden thermischen und elektrischen Belastungen im-mmer einen sicheren Kontakt zu den internen Kontakt-stellen aller Anschlüsse der Schaltungsanordnung ge-währleisten. Bei stoffschlüssigen Verbindungen wird durch das "Aufgehen" der Kontaktstellen und bei stoff-bündigen Kontakten durch das Erlahmen der Druck-kräfte eine Funktionsstörung des gesamten Moduls in realer Zeit verursacht. Zur Erzielung einer höheren Le-bensdauer sind aus der Literatur zu dieser Problematik viele Beschreibungen bekannt. Um das Erreichen einer unbegrenzten Lebensdauer wird gerungen.

Zur Erzielung höchster Packungsdichten in Modulen ist zumindest ein teilweiser Druckkontakt für einzelne Schaltungsverbindungen zu realisieren und zum Errei-chen einer großen Lebensdauer erforderlich. Die Tech-nologie der Druckkontakteierung ist bedingt durch die Erfordernisse der Hermetisierung gegenüber der Atmo-sphäre relativ jung und in jüngster Zeit durch Schaffen aller Voraussetzungen für eine praktizierbare Technik relevant.

In DE 35 08 456 A1 wird ein Druckkontakteaufbau in seiner Anwendung bei der Herstellung von Leistungs-halbleitermodulen beschrieben. Durch Verschraubun-gen wird die in dem Gehäuse vorhandene innere Spann-kraft zum Drücken der Isolierkeramik bzw. der Leistungshalbleiter auf die Kühlfläche herangezogen. Das Nachlassen der Spannkraft des Gehäuses als Element des Druckaufbaues spricht gegen eine lange Lebens-dauer der so aufgebauten Module.

In DE 41 37 200 A1 wird ein als Brückenelement aus-gbildetes Gehäuse zum Druckaufbau verwendet. Die in einzelnen Teilbezirken des Brückenelementes unter-schiedlichen Masseverteilungen können ein unter-schiedliches Fließverhalten bei Wechselbelastung zei-gen, wodurch die eingestellte Druckkraft in einzelnen Teilbezirken des Modulaufbaus verändert wird, was ne-gative Wirkungen auf die Zuverlässigkeit haben kann.

In einer früheren Anmeldung, der DE 195 31 496, wird ein druckgebendes Gehäuse mit gleichartig ausgebilde-nen Drucklippen vorgestellt, wodurch bei Beachtung der übrigen Aufbauvorschriften eine gleichartige Druckver-teilung auf alle Verlustwärmе erzeugenden Bauteile des Modules gegeben ist, dabei wird jedes einzelne Bauteil federnd gedrückt.

Beschreibungen von kompletten Motoransteuerun-

gen integriert mit entsprechend leistungsfähigen Strom-umrichtern werden mit DE 36 30 830 A1 und in DE 44 43 498 vorgestellt, wobei in beiden Vorveröffent-lichungen nicht unbedingt ein hybrider Aufbau der Ein-zelbauteile beschrieben wird, aber Druckkontakte sind als elektrische Verbindungen zumindest teilweise erfor-derlich.

Dieser Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektronisches Modul hoher Leistungsdichte in hybri-dem Schaltungsaufbau und Druckkontakteausführung mit hoher Lebensdauer und Zuverlässigkeit vorzustel-len, dabei können in dem Modul neben den Leistungs-schaltern weitere aktive und passive elektronische Bau-elemente integriert sein.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die Maßnahmen des kennzeichnenden Teiles des Anspruches 1 gelöst, bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unter-ansprüchen beschrieben.

Eine einfache und zerstörungsfrei wiederholbare 20 Kontaktierung ist für Bauteile und Schaltungsanord-nungen der Leistungsklasse in Stromrichtern zu bevor-zugen. Zerstörungsfrei lösbarer Kontaktierungen kön-nen nur stoffbündig hergestellt werden. Bei dieser Ver-bindungstechnik müssen für eine Schaltungseinheit si-chere Kontakte gegeben sein. Einerseits werden elec-trisch sichere Kontakte an allen Kontaktstellen benö-tigt, es muß bei der Montage folglich ein gleichmäßiger Druckaufbau erreicht werden, also eine gute Druckver-teilung auf alle Druckkontaktestellen erfolgen. Anderer-30 seits muß bei der Verwendung von federnden Verbin-dungen an jeder einzelnen Kontaktstelle für ein dynami-sches Verhalten der einzelnen gedrückten Kontaktstel-len und der Druckkontaktelemente bei unterschiedli-cher thermische und elektrischer Belastung gesorgt werden.

Beide Verbindungsarten dürfen bei Dauer- oder Wechselbelastung nicht ermüden, müssen also in der Konstruktion so gewählt sein, daß alle Aufbauelemente gleichartig in ihrer Lebenserwartung sind und in den 40 Materialeigenschaften ein stabiles Langzeitverhalten unter Wechselbelastung ausweisen. In beiden Kontaktierarten ist es immer notwendig, die federnden Ele-mente in den Toleranzbereichen an allen Verbindungsstellen mit dem erforderlichen Anpreßdruck bei allen Betriebs-zuständen so zu gestalten, daß jede einzelne Kontakt-stelle sicher kontaktiert wird und nicht durch sich auf-bauende überhöhte Druckbelastungen an einzelnen Kontaktstellen eine mechanische Zerstörung des Auf-baus erfolgt.

Die erfundungsgemäßen Module für Leistungshalblei-terbauelemente kombinieren in sich die bekannten Kontaktierungsverfahren, die Einsatzgebiete werden erfundungsgemäß bis hin zur Leistungsklasse ausgedehnt. Der Erfindungsgedanken soll anhand der nach-folgend in Figuren veranschaulichten beispielhaften Aufbauten von Stromumrichtern näher erläutert wer-den.

Fig. 1 zeigt eine Skizze der drei Hauptaufbauteile ei-nes erfinderischen Moduls.

Fig. 2 skizziert eine zweite Variante eines erfinde-ri-schen Moduls.

Fig. 3 bildet das Gehäuse eines erfinderisches Modul ab.

Fig. 4 skizziert den Querschnitt eines erfinderisches Druckstückes.

Fig. 5 zeigt den Querschnitt eines Gehäuses.

Fig. 6 erläutert den Querschnitt eines erfinderisches Modul.

Fig. 1 zeigt eine Skizze der drei Hauptaufbauteile eines erfinderischen Moduls. Eine Isolierkeramik (2) dient erfundungsgemäß als Aufbauplatte für die gesamte Schaltungsanordnung des Moduls, sie verfügt, wie hier dargestellt, über mindestens eine zentralgelegene runde Öffnung (4). In den Randbereichen (6) der Durchbohrung und der Außenkontur ist diese Keramik (2), die vorzugsweise aus Aluminiumoxid hergestellt wurde, nicht metallisiert. Alle übrigen Flächen tragen ein- oder zweiseitig Metallkaschierungen (8), vorzugsweise aus Kupfer, diese sind ein- oder beidseitig nach den elektrischen Isolationserfordernissen der Schaltungsanordnung strukturiert oder unstrukturiert.

Auf die schaltungsgerecht strukturierte Metallkaschierung (8) der Isolierkeramik (2) werden alle für den Schaltungsaufbau erforderlichen Bauelemente, wie Leistungstransistoren (10), Dioden (12), Thermistoren (14) und Shunts oder andere elektronische Bauteile (16) aufgebracht. Vorzugsweise werden die vorgenannten Bauteile nach dem Stand der Technik gelötet und sodann gebondet (18). Erfundungsgemäß sind auf der Isolierkeramik (2) nach dem Aufbau der elektronischen Bauteile (10 bis 16) genügend Flächen der strukturierten Metallkaschierung (8) vorhanden, um die Sekundärkontakteierung der äußeren Anschlüsse vornehmen zu können.

Auf die gelötete und gebondete Isolierkeramik (2) wird das erfundene Gehäuse (20) paßgenau und orientiert aufgesetzt. Das Gehäuse wurde vor der Montage mit allen Druckkontaktfedern (22) bestückt, diese können in entsprechenden Gehäuseausbildungen eingearastet sein. Es ist sehr einfach, speziell angepaßte Gehäuseformen für die geplanten Kontaktfelder der Isolierkeramik zu erstellen, nachdem die Lage der Druckkontaktfedern (22) für die Schaltungsbedürfnisse entsprechend festgelegt sind. Das ist abhängig von den realisierten Sekundärverbindungselementen, beispielhaft der Lage der Leiterplatten in Relation zu dem Gehäuse (z. B. senkrecht oder parallel zur Oberfläche der Isolierkeramik).

Das Gehäuse (20) besteht aus einem druck- und thermostabilen elektrischen Isolierstoff und sitzt nach der Montage paßgenau auf dem nicht metallisierten Rand der Isolierkeramik (2) auf. Dabei ist der Gehäuserand (26) so konstruiert, daß er die Isolierkeramik umfängt, jedoch auch bei voller Druckbelastung nicht über die Kanten der unteren Isolierkeramikfläche hinausragt. Dadurch wird gewährleistet, daß bei der Anwendung des, mit dem vorgeschriebenen Drehmomentes montierten, Moduls bei elektrischem Vollast-Betrieb in jedem Falle das als Grundplatte fungierende Modulplättchen (1) einen direkten und flächigen Wärmeleitkontakt, gegebenenfalls mittels einer Wärmeleitpaste nach dem Stand der Technik, zu dem Kühlkörper hat. Zentriert besitzt das Gehäuse eine Ausbildung in Hülsenform (28), die nach dem Aufsetzen, genau wie der Gehäuserand auf dem Keramikrand, passend auf dem nicht metallisierten Rand (6) der Durchführung (4) der Isolierkeramik (2) mit seinen Noppen aufsitzt und die Durchführung (4) in gleicher Weise umfangen wird.

Für die spätere Montage des Moduls ist ein Druckstück (30) bei sekundärem parallelem Aufbau von Leiterplatte und Kühlkörper erforderlich. Das Druckstück ist mit einer Justieröffnung (32) versehen, um eine unverwechselbare genaue Montage zu der Lage des Gehäuses (20) mit seiner Justiernoppe (25) zu erreichen. Paßgenau zu der mindestens einen Öffnung in dem Modulplättchen (1) und der mindestens einen Hülse (28) des Gehäuses (20) besitzt das Druckstück (30) mindestens

eine Durchführungsöffnung (34) für das Befestigungselement (40). Die Durchführungsöffnung (34) ist so konstruiert, daß die erforderlichen Druckkräfte nach dem Verspannen des Moduls sicher aufgefangen werden.

5 Das Druckstück (30) selbst ist vorzugsweise aus einem stabilen, mit Glasfasern verstärktem isolierenden Kunststoff geformt und geometrisch so gestaltet, daß es zumindest die flächige Ausdehnung der Federelemente (22 und 24) überdeckt.

10 Für den Einsatz wird das in Fig. 1 beschriebene Modul durch Vergießen eines Teiles des durch das Modulplättchen (1) und das Gehäuse (20) nach Zusammenfügen gebildeten Hohlraumes mittels eines Weichvergusses aus Silikonkautschuk vorbereitet. Zum Vergießen wird das Gehäuse (20) und das Modulplättchen (1) nach dem Zusammenfügen auf eine den Silikonkautschuk trennende und dichtende Unterlage positioniert, unter Druck gesetzt, mit den gemischten nicht ausgehärteten Komponenten des Zweikomponenten-Silikonkautschuks gefüllt und unter Beibehalten des angelegten Druckes ausgehärtet, wodurch der Silikonkautschuk seine technologisch eingestellte Viskosität erreicht und dadurch alle Innenaufbauten hermetisiert und elektrisch voneinander und untereinander isoliert. Im druckfreien Zustand werden die Module in diesem Fertigungsgrad zum Einsatzort verbracht.

15 Fig. 2 skizziert eine zweite Variante eines erfundenen Moduls. Für eine sehr große Leistungsdichte sind alle Leistungshalbleiterbauelemente (10) auf dem Modulplättchen (1) positioniert und durch Bonden (18) schaltungsgerecht untereinander verbunden. Die Isolierkeramik (2) verfügt über zwei Durchbohrungen (4), im übrigen ist der Modulplättchenaufbau analog zu dem unter Fig. 1 beschriebenen. In das Gehäuse (20) sind 20 Druckkontaktfedern (22) für die Kontaktierung der Hilfsanschlüsse, wie Gate-, Stromsensor- oder Thermistorkontakte, und eine davon differente Druckkontaktfeder (24) für die Kontaktierung der drei Wechselstromeingänge und der Gleichstromausgänge des dargestellten Umrichters.

25 Zwei Noppen (25) sind in den Ecken des Gehäuses zur Justage der darauf zu positionierenden Leiterplatte, die hier nicht dargestellt ist, und alternativ zum orientierten Aufsetzen des Druckstückes (30) ausgebildet. Nach dem analog zu Fig. 1 durchgeföhrten Zusammenfügen und Vergießen mit Silikonkautschuk erfolgt einsatzspezifisch der weitere Aufbau. Auf das Gehäuse (20) wird die nach dem Stand der Technik vorgefertigte und bestückte starre Leiterplatte orientiert aufgelegt. In den meisten Aufbauvarianten ist die Leiterplatte aus mehreren Lagen zusammengefügt und teilweise beidseitig mit den für die Schaltung erforderlichen elektronischen Bauteilen versehen. Dabei ist der Teil der unteren Lage der Leiterplatte, der die Fläche des Gehäuses (20) aufliegend überdeckt, ohne Bauelementebestückung.

30 Die mittleren Lagen sind insbesondere für die Gleichstrom-Zwischenkreise in flächiger Ausführung reserviert. Die obere Bestückungslage der Leiterplatte kann insbesondere einseitig kontaktierbare Bauteile in dem Bereich der Deckelfläche enthalten. Dazu sind dann in das Werkzeug zur Herstellung des Druckstückes entsprechend positionierte Erhebungen auszuarbeiten.

35 Durch Befestigung an einem Kühlkörper, der nicht dargestellt wurde, wird das Modul mit der Leiterplatte schaltungsgerecht druckkontaktiert. Die Druckfedern (22 und 24) verbinden elektrisch zuverlässig alle entsprechenden Kontaktstellen des Modulplättchens (1) mit den Kontaktstellen der Leiterplatte.

Kontaktflächen mittels Verbindungselementen elektrisch leitend verbunden ist und mit einem Gehäuse (20), das für einen Druckkontakt ausgebildet ist dadurch gekennzeichnet, daß das Modulplättchen (1) an seinen auf bauseitigen Kontaktflächen (8) über Druckfedern (22, 24), die in einem Gehäuse (20) schaltungsgerecht positioniert sind, mit den Kontaktflächen von Leiterplatten durch Befestigungselemente (40) beim Befestigen auf Kühlflächen elektrisch verbunden und mechanisch unter Druck gesetzt wird, während das Gehäuse (20) im Verbund mit einem Druckstück (30) durch deren Formgebungen für einen parallelen Aufbau und eine gute Druckverteilung an allen Kontaktstellen sorgen. 15

2. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Modulplättchen auf seiner Bestückungsseite aus einem strukturierten leitenden Material (8) besteht, wobei die Struktur für das Befestigen von Leistungshalbleitern wie Transistoren (10) und Dioden (12, 14), Widerständen und Sensoren (16) sowie deren schaltungsgerechte Verbindungen (18) untereinander und für die Positionierung der Kontaktfedern (22, 24) geeignet ist. 20

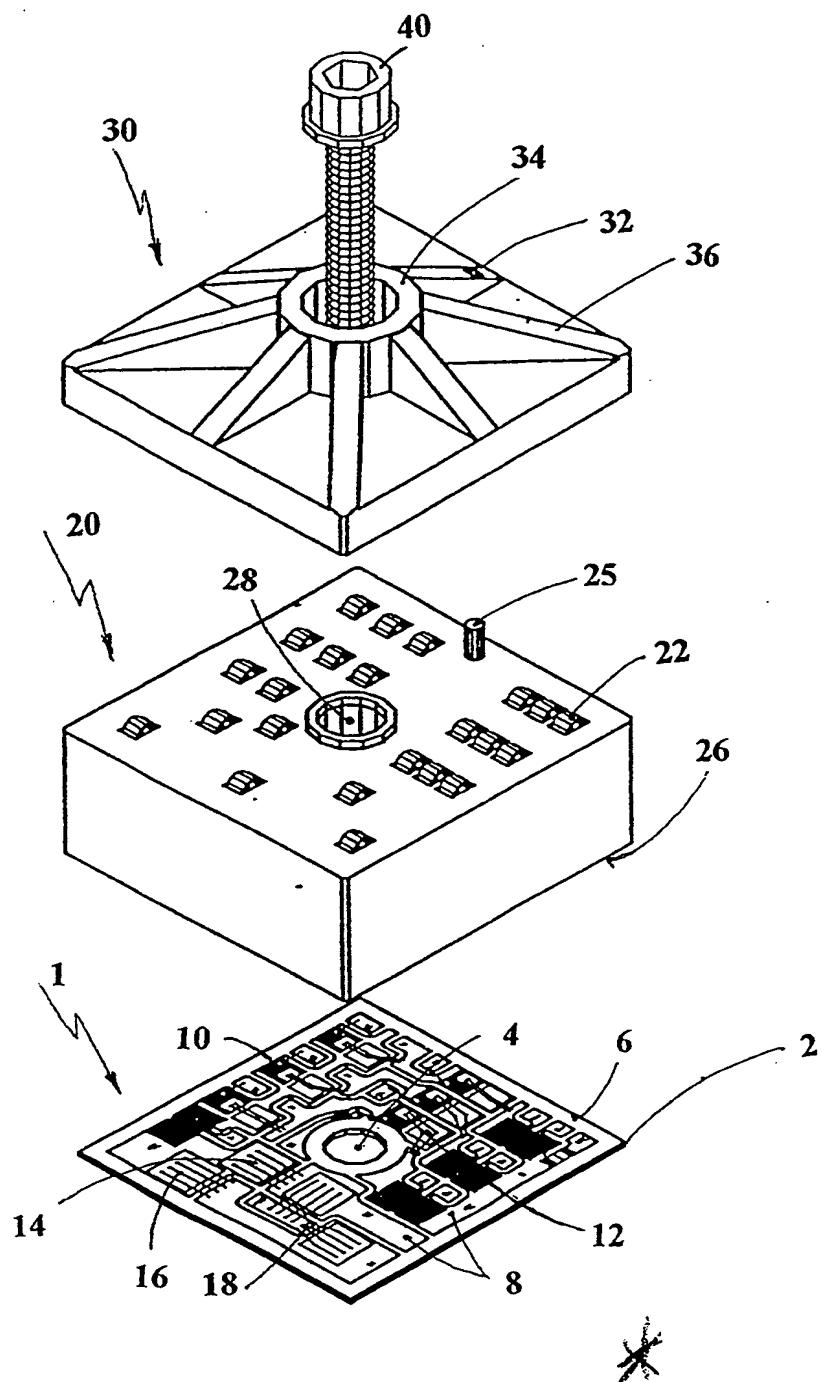
3. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (20) aus einem thermoplastischen Stoff mit guter Temperaturbeständigkeit gebildet wurde, das über eine Vielzahl von Durchführungen (23, 27, 28) für das Befüllen mit einer Vergußmasse, für die Aufnahme von Druckkontaktfedern (22, 24) und mindestens ein Befestigungselement (40) verfügt, und eine druckbelastbare Oberfläche (29) besitzt. 25

4. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckstück (30) aus einer mechanisch stabilen und elektrisch isolierenden Masse gebildet wurde, die paßgenau zur Oberfläche (29) des Gehäuses (20) gestaltet ist und Ausbildungen in der Form von Hülsen (38) zur elektrisch hochspannungsfest isolierten Durchführungen für 30 Befestigungselemente (40) aufweist. 35

5. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Bauteile des Moduls, das Modulplättchen (1), das Gehäuse (20), die Druckkontaktfedern (22, 24), die Leiterplatte, der Kühlkörper und das Druckstück zerstörungsfrei demonterbar und damit auswechselbar sind. 45

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



**Fig. 1**

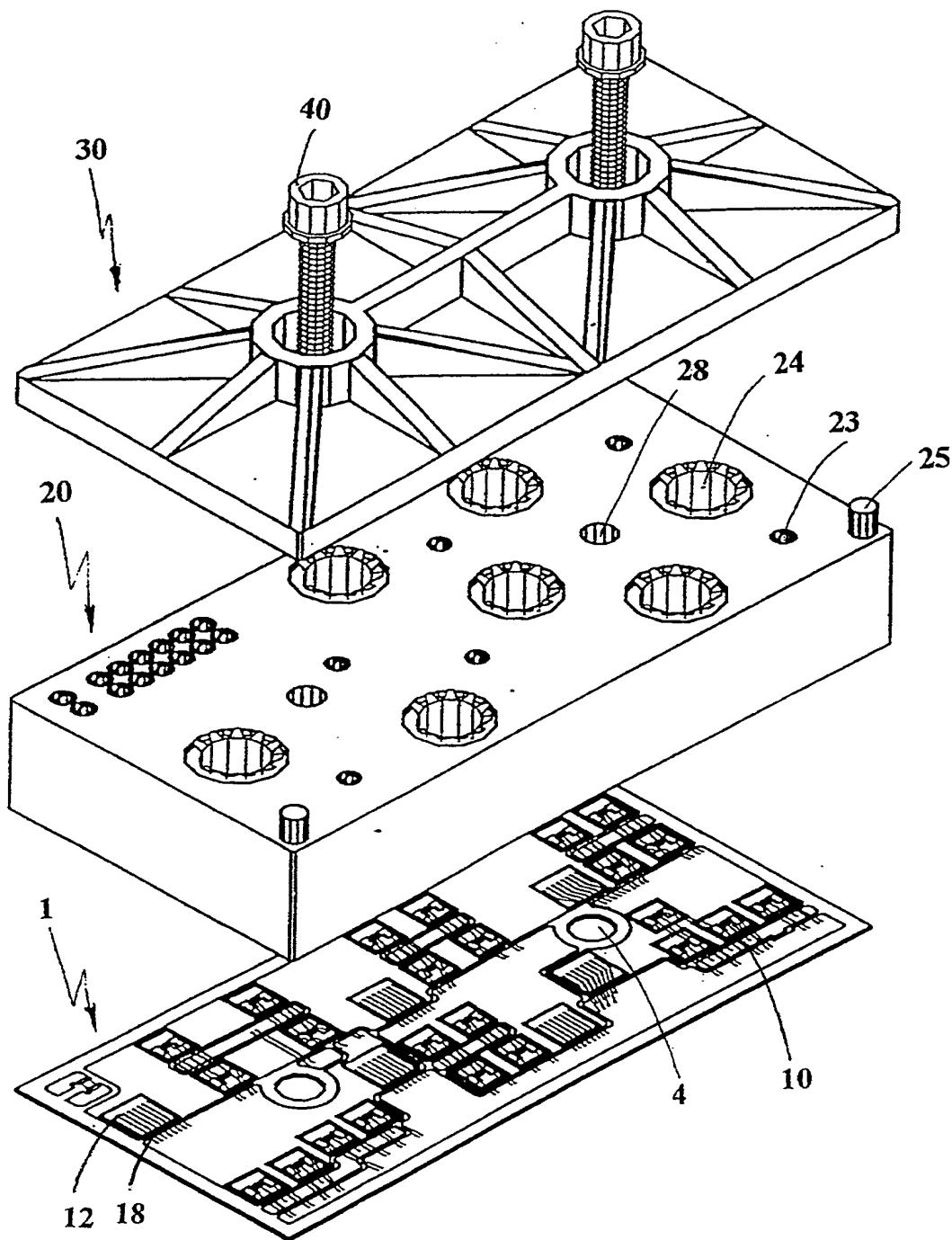
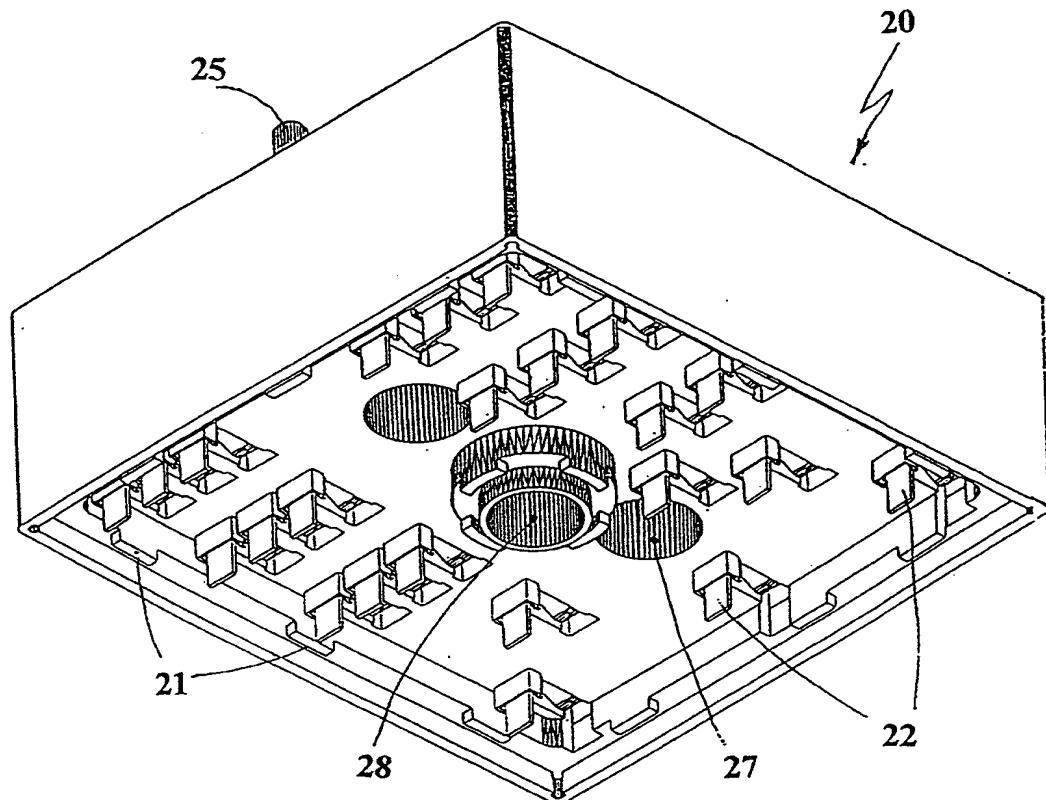
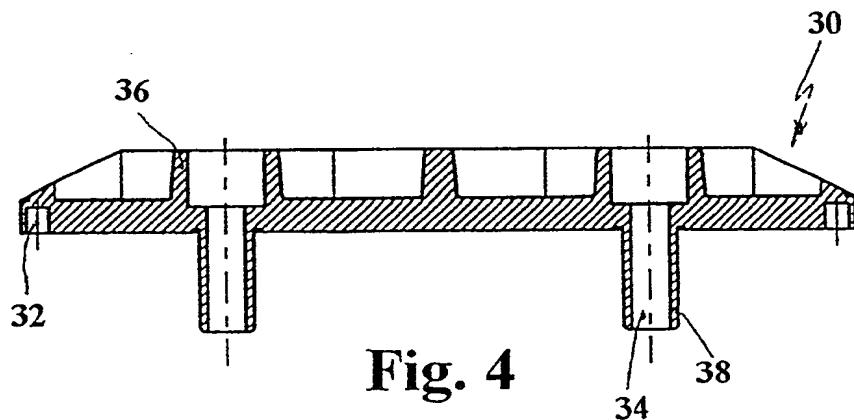


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

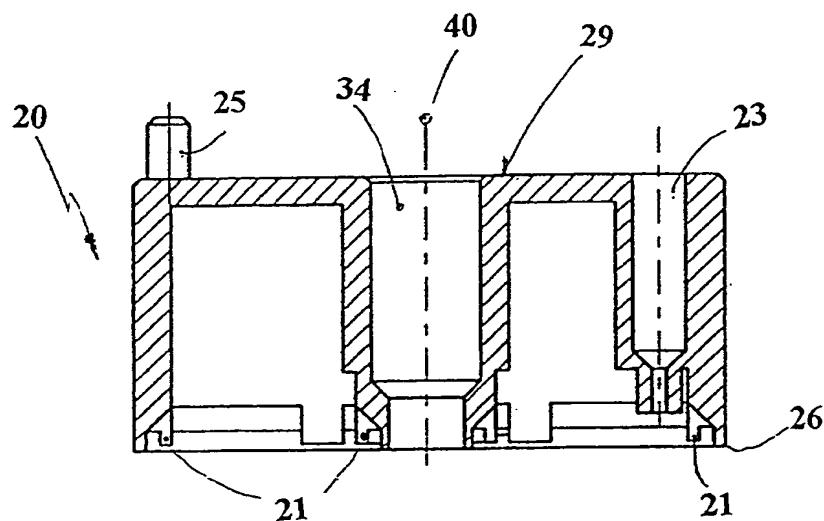


Fig. 5

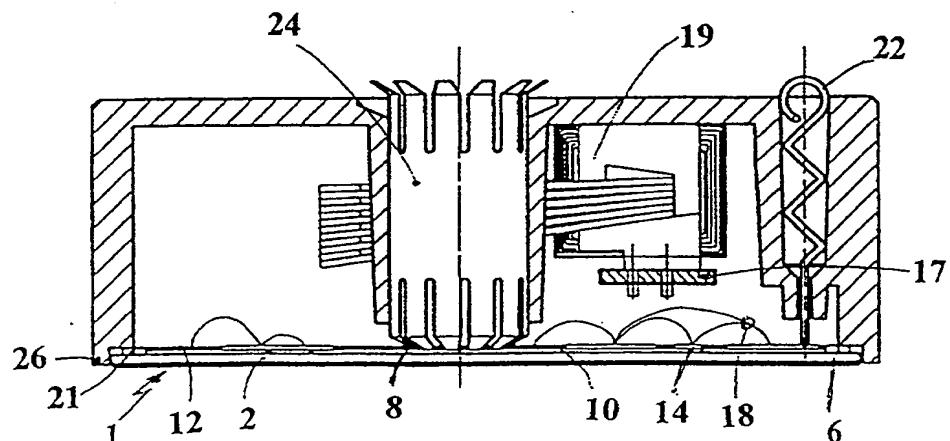


Fig. 6